

А. В. БОНДАРЬ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ НА ЭНЕРГОЭНТРОПИЮ ОРГАНИЗАЦИИ

Энергоэнтропийная теория организаций дает новый, универсальный взгляд на функционирование и развитие организаций как особого класса систем, в которых происходят процессы во многом аналогичные физическим системам. Энергоэнтропия организации – это характеристика ее состояния с точки зрения эффективности энергии и упорядоченности. В данном исследовании описана взаимосвязь информационной энтропии организации как меры ее упорядоченности и энергоэнтропии в рамках изложения основных положений энергоэнтропийной теории организаций. Основой для исследования послужила модель энергоэнтропии, которая сформирована с учетом специфики организаций. Проведенные исследования выявили условия, при которых влияние информационной энтропии на диссипацию и энергоэнтропию максимизируются. Также установлены исходные параметры энергоэнтропии – свободная энергия и приток энергии в организацию. Дальнейшим развитием представленных результатов является исследование поведения информационной энтропии и энергоэнтропии для конкретных сфер деятельности с учетом динамики суммарной энергии организаций, которая является аналогом их масштаба.

**Ключевые слова:** энергоэнтропия организации, модель, зависимость, упорядоченность, энергия, система.

А. В. БОНДАРЬ

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЕНТРОПІЇ НА ЕНЕРГОЕНТРОПІЮ ОРГАНІЗАЦІЇ

Енергоентропійна теорія організацій дає новий, універсальний погляд на функціонування і розвиток організацій як особливого класу систем, в яких відбуваються процеси багато в чому аналогічні фізичним системам. Енергоентропія організації – це характеристика її стану з точки зору ефективності енергії і впорядкованості. В даному дослідженні описано взаємозв'язок інформаційної ентропії організації як міри її впорядкованості і енергоентропії в рамках викладу основних положень енергоентропійної теорії організацій. Основою для дослідження послужила модель енергоентропії, яка сформована з урахуванням специфіки організацій. Проведені дослідження виявили умови, при яких вплив інформаційної ентропії на дисипацію і енергоентропію максимізуються. Також встановлено вихідні параметри енергоентропії – вільна енергія і приплив енергії в організацію. Подальшим розвитком представлених результатів є дослідження поведінки інформаційної ентропії та енергоентропії для конкретних сфер діяльності з урахуванням динаміки сумарної енергії організацій, яка є аналогом їх масштабу.

**Ключові слова:** енергоентропія організації, модель, залежність, впорядкованість, енергія, система.

A. V. BONDAR

## RESEARCH OF INFLUENCE OF INFORMATION ENTROPY ON THE ENERGY ENTROPY OF THE ORGANIZATION

The energy-entropic theory of organizations gives a new, universal view of the functioning and development of organizations as a special class of systems in which processes occur in many respects similar to physical systems. An organization's energy entropy is a characteristic of its state in terms of energy efficiency and orderliness. This study explores the relationship of the informational entropy of an organization as a measure of its orderliness and energy entropy as part of the presentation of the main provisions of the energy-entropic theory of organizations. The main study was the model of energy entropy, which is formed taking into account the specifics of organizations. The studies established the conditions under which the influence of informational entropy on dissipation and energy entropy is maximized. The initial parameters of energy entropy are also established, which are free energy and the influx of energy into the organization. A further development of the presented results is a study of the behavior of information and energy entropy for specific areas of activity, taking into account the dynamics of the total energy of organizations, which is an analog of their scale.

**Key words:** organization's energy-entropy, model, dependence, orderliness, energy, system.

**Введение.** Современная наука переживает процесс конвергенции, и классическая теория термодинамики все больше проникает в качестве концепции с соответствующими инструментами в управление организациями. Энергоэнтропийная теория организаций дает новый, универсальный взгляд на функционирование и развитие организаций как особого класса систем, в которых происходят процессы во многом аналогичные физическим системам. Тем не менее, определенная специфика требует обоснования и тщательного исследования каждой категории закономерности. В [1] представлены основные положения указанной теории и установлена на концептуальном уровне взаимосвязь между энергоэнтропией организации и мерой ее упорядоченности – *информационной энтропией*. Тем не менее, данная взаимосвязь требует отдельного исследования с целью получения механизмов снижения энергоэнтропии организации.

**Анализ последних исследований.** Первой работой, в которой обоснована универсальность закона сохранения энергии и энтропии, является [2]. Дальнейшее развитие идеи энергоэнтропии получили в [3]. Но данные работы носят, в большей части, философский характер, представляя размышления об универсальности отдельных физических категорий и закономерностей.

Универсальность энтропии как специфической характеристической функции состояния системы обоснована в [4, 5]. Несмотря на то, что данные работы не рассматривают предприятия и организации как специфические системы, тем не менее, представленные результаты являются своеобразным мостом между физическими и нефизическими системами. В частности, авторы приводят условия, при которых энтропия существует у системы любой природы.

Можно констатировать практическое отсутствие публикаций, посвященных изложению энергоэнтропийной теории организации, и конкретным формализациям, которые могут быть использованы как для дальнейших

теоретических исследований, так и на практике для анализа состояния организаций различного профиля.

Совершенно другая ситуация наблюдается с информационной энтропией. Данная категория получила значительное распространение благодаря достаточно простой интерпретации. Примерами работ, в которых информационная энтропия используется в контексте функционирования и развития организаций, являются [6, 7].

Таким образом, формирование и исследование модели, связывающей информационную энтропию и энергоэнтропию, является актуальным в виду развития идей энергоэнтропии в контексте организаций.

**Постановка задачи.** Целью данного исследования является изучение взаимосвязей информационной энтропии и энергоэнтропии организации.

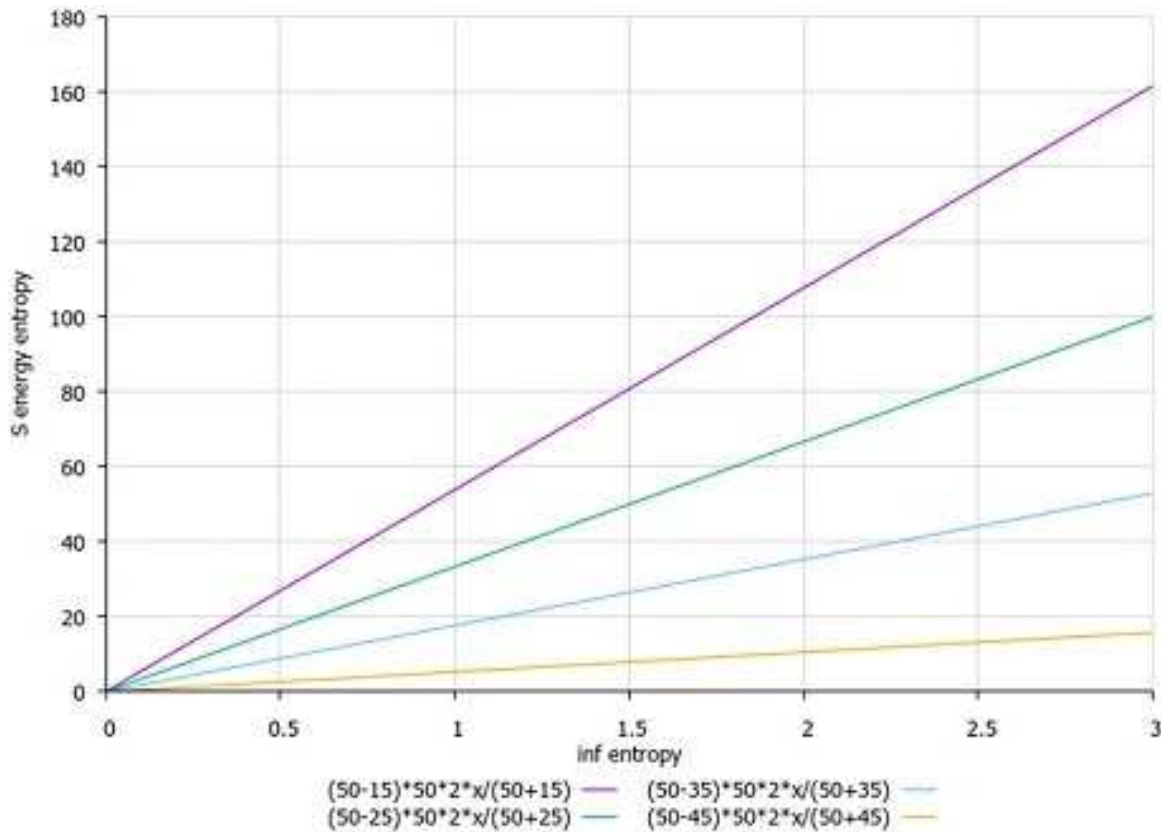


Рис. 1 – Графики зависимости энергоэнтропии от информационной энтропии при  $U = 50$ ,  $\eta^{et} = 2$ ,  $W = \{15; 25; 35; 45\}$ .

**Результаты исследования.** Как известно, *диссипация энергии* тем выше, чем ниже упорядоченность организации, поэтому *энергоэнтропия* – это характеристика состояния организации с точки зрения эффективности ее энергии и упорядоченности. На базе концептуальной модели энергоэнтропии организации, изложенной в [1], где обоснована связь между энергоэнтропией и информационной энтропией организации, предложим следующую формализацию:

$$S = \lambda \cdot I, \quad (1)$$

где  $S$  – энергоэнтропия,  $I$  – информационная энтропия, а  $\lambda$  определяется комбинацией всех энергетических параметров организации:

$$\lambda = \frac{(U - W) \cdot U \cdot \eta^{et}}{U + W}, \quad (2)$$

где  $U$  – суммарная энергия (капитал) организации;  $W$  – прирост капитала в результате работы организации;  $\eta^{et}$  – показатель эталонной энергоэффективности организации.

Прирост суммарной энергии организации:

$$W = E^{in} - E^{ex}, \quad (3)$$

где  $E^{in}$  – приток энергии;  $E^{ex}$  – отток энергии (свободная энергия, направляемая на выполнение работы).

$$\eta = \frac{U + W}{U}, \quad (4)$$

где  $\eta$  – показатель энергоэффективности организации, соотношение которого с  $\eta^{et}$  формирует степень достижения организацией эталонного состояния (эталонной энергоэффективности):

$$\mu = \frac{\eta}{\eta^{et}} = \frac{(U + W)}{U \cdot \eta^{et}}. \quad (5)$$

На рис. 1 представлена зависимость энергоэнтропии от информационной энтропии при заданном уровне  $U = 50$ ,  $\eta^{et} = 2$  для различных значений  $W = \{15; 25; 35; 45\}$ . Наибольшее влияние информационная энтропия достигает при минимальном значении прироста суммарной энергии.

Энтропия  $I$  отражает уровень упорядоченности организации, которая проявляется, в данном случае, в количестве возможных вариантов состояния организации  $(E_k^{in}, E_k^{ex})$ ,  $k = \overline{1, K}$  и их вероятностях  $p_k$ ,  $k = \overline{1, K}$ :

$$I = - \sum_{k=1}^K p_k \cdot \ln p_k. \quad (6)$$

Показатели  $\{S, I, \mu, \eta\}$  формируют систему показателей состояния организации в рамках энергоэнтропийной теории организации. Именно данный набор показателей может однозначно свидетельствовать о состоянии организации и ее динамике. Но основными параметрами, которые обуславливают как энтропию информационную, так и энергоэнтропию, а также показатели энергоэффективности, являются  $E^{in}$ ,  $E^{ex}$ . Действительно,  $W$  определяет и эффективность и прирост капитала, а вероятности  $E^{in}$ ,  $E^{ex}$  формируют информационную энтропию организации  $I$ .

Уровень информационной энтропии (6) определяется, прежде всего, числом вариантов возможного состояния организации: при увеличении  $K$  (то есть числа прогнозируемых вариантов состояния организации) и уравнивании их вероятностей, информационная энтропия (6) растет. И, наоборот, при снижении  $K$  и явном выделении наиболее вероятных состояний (6) будет уменьшаться.

Величина  $E^{ex}$  – это то количество энергии, которое организация затрачивает на работу и на поддержание собственной структуры, а также структур, связанных с потребителями и поставщиками (маркетингом и логистикой):  $E^{in}$  – входящая энергия, которая определяется многими факторами: эффективностью маркетинга и логистики, состоянием внешней среды, качеством продукта организации и т.д. Очевидно, что  $E^{in}$  допускает значительное варьирование у организаций одной и той же сферы деятельности и масштаба, в зависимости от ценности организации и ее продукта с точки зрения потребителей. Если организации удалось сформировать устойчивую связь с потребителями на базе ценностного подхода [8 – 10], то диапазон  $E^{in}$  сужается. И, наоборот, если организация действует достаточно хаотично, то с одинаковыми вероятностями она может обеспечить как высокий уровень  $E^{in}$ , так и низкий.

Таким образом, величины  $E^{ex}$  и  $E^{in}$  являются зависимыми случайными величинами: затраты на маркетинг, которые являются частью  $E^{ex}$ , обуславливают определенную отдачу в виде части  $E^{in}$ . Чем эффективнее маркетинговые мероприятия, тем выше значение  $E^{in}$ . Таким образом, предварительные исследования поведения  $E^{in}$  и  $E^{ex}$  позволят определить для каждой из них набор значений:

$$E^{in} = \{E_1^{in}, E_2^{in}, \dots, E_n^{in}\}; \quad E^{ex} = \{E_1^{ex}, E_2^{ex}, \dots, E_m^{ex}\},$$

и соответствующие вероятности:

$$p(E_j^{in} / E_i^{ex}), \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}; \quad p(E_i^{ex}, E_j^{in}), \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n},$$

которые позволяют определить значение информационной энтропии в определенной ситуации (путем корректировки (6) следующим образом):

$$I = - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p(E_i^{ex}, E_j^{in}) \cdot \ln(p(E_j^{in} / E_i^{ex})). \quad (7)$$

Таким образом, с учетом (1) – (5), (7) энергоэнтропия конкретной организации с заданным уровнем  $U$  и соответствующей эталонной эффективностью  $\eta^{et}$  определяется поведением зависимых случайных величин  $E^{in}$  и  $E^{ex}$  (рис. 2). Отметим, что в каждой конкретной сфере деятельности отдельным направлением исследований является изучение поведения  $E^{in}$  и  $E^{ex}$ .

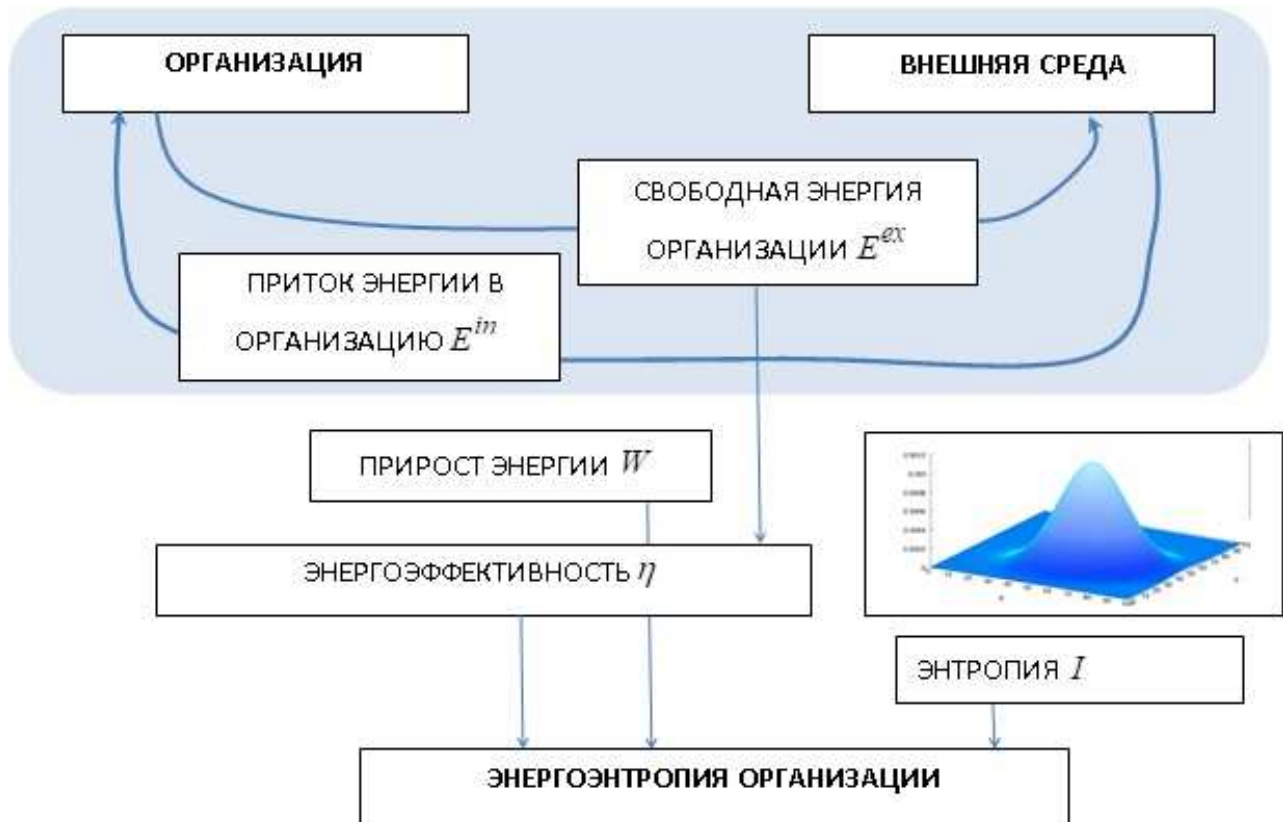


Рис. 2 – Факторы, влияющие на энергоэнтропию конкретной организации с заданным уровнем  $U$  и  $\eta^{et}$ .

Рис. 3, 4 демонстрируют динамику  $\lambda$  как связующего параметра между порядком в организации и энергоэнтропией в зависимости от основных влияющих параметров. Графики демонстрируют максимизацию  $\lambda$  при росте суммарной энергии  $U$  и эталонной энергоэффективности  $\eta^{et}$ , а также при уменьшении прироста энергии  $W$ . Таким образом, в такой ситуации, «неупорядоченность» оказывает максимальное влияние на энергоэнтропию.

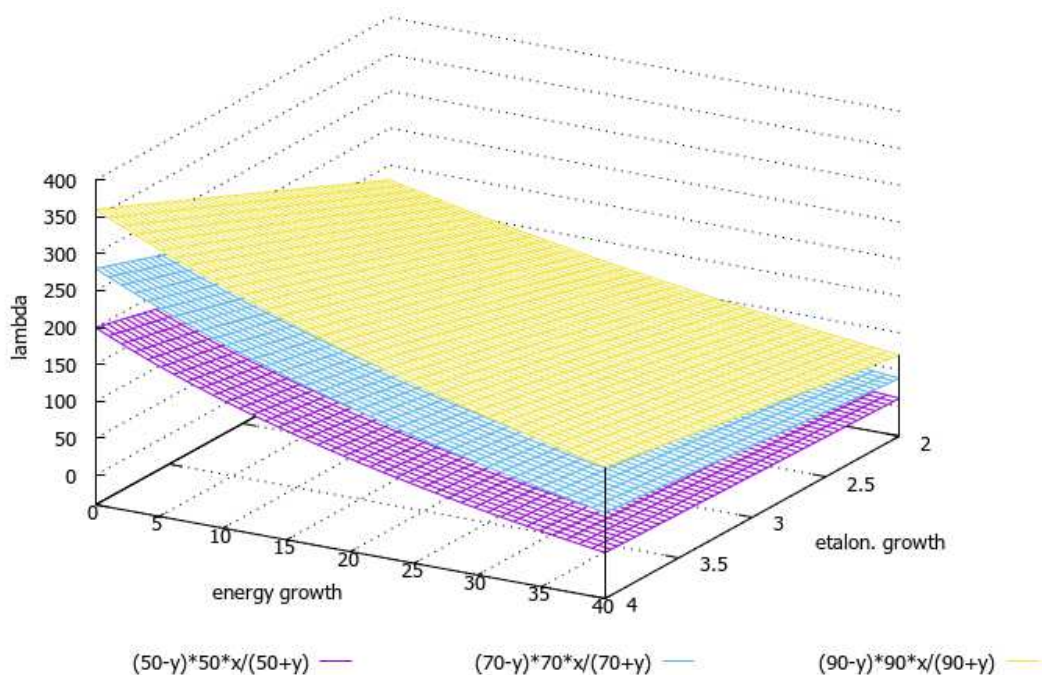


Рис. 3 – Графики зависимости  $\lambda$  от прироста энергии  $W$  и эталонной эффективности  $\eta^{et}$  для  $U = \{50; 70; 90\}$ .

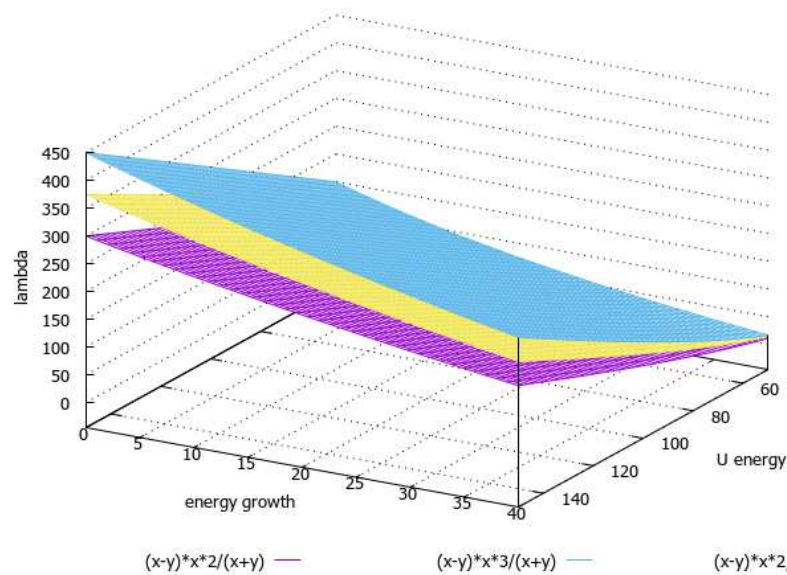


Рис. 4 – Графики зависимости  $\lambda$  от прироста энергии  $W$  и энергии  $U$  для  $\eta^{et} = \{2; 2.5; 3\}$ .

**Перспективы дальнейших исследований.** Дальнейшим развитием представленных результатов является исследование поведения информационной энтропии и энергоэнтропии для конкретных сфер деятельности с учетом динамики суммарной энергии организации, которая является аналогом их масштаба.

**Выводы.** В данном исследовании установлена взаимосвязь информационной энтропии организации как меры ее упорядоченности и энергоэнтропии в рамках изложения основных положений энергоэнтропийной теории организаций. Основной для исследования послужила модель энергоэнтропии, которая сформирована на основании теоретических положений и концептуальной модели, изложенных в [1]. Проведенные исследования позволили выявить условия, при которых влияние информационной энтропии на диссипацию и энергоэнтропию максимизируются. Также в работе установлены исходные параметры энергоэнтропии – свободная энергия и приток энергии в организацию. Все остальные параметры, влияющие на энергоэнтропию, являются опосредованными.

#### Список литературы

1. Bondar A., Bushuyev S., Onyshchenko S., Hiroshi H. Entropy Paradigm of Project-Oriented Organizations Management // Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020). Volume 1. Lviv, Ukraine, February 18 – 20, 2020, CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org). – 2020. – P. 233 – 243. Режим доступа : <http://ceur-ws.org/Vol-2565/paper20.pdf>. – Дата звернення : 11.01.20.
2. Алексеев Г. Н. Энергоэнтропика. – М. : Знание, 1983. – 268 с.
3. Прангшвили И. В. Энтропийные и другие системные закономерности : Вопросы управления сложными системами // Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова. – М.: Наука, 2003. – 428 с.
4. Аверин Г. В., Звягинцева А. В. О взаимосвязи статистической и информационной энтропии при описании состояний сложных систем // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия : Математика. Физика. – 2016. – Т. 44. – №. 20 (241). – С. 105 – 116.
5. Аверин Г. В., Звягинцева А. В. Взаимосвязь термодинамической и информационной энтропии при описании состояний идеального газа // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе. – 2013. – №. 1 – 2. – С. 26 – 37.
6. Шахов А. В. Энтропийная модель портфельного управления проектно-ориентированной организацией // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2014. – № 2. – С. 87 – 95.
7. Bushuyev S., Sochnev S. Entropy measurement as a project control tool // International Journal of Project Management. – 1999. – № 17 (6). – P. 343 – 350.
8. Онищенко С. П., Арабаджи Е. С. Структура, цель, продукт и ценность программ развития предприятий // Вісник Одеського національного морського університету. – 2011. – № 33. – С. 75 – 86.
9. Бондарь А. В., Онищенко С. П. Оптимизация временных параметров проекта // Управління розвитком складних систем. – 2019. – № 39. – С. 11 – 18. DOI: <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.11340629.V1>.
10. Бондар А. В. Концепція цінності людських ресурсів проектно-орієнтованої організації // Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. – Видавничий дім «Гельветика». – 2019. – № 1. – С. 135 – 141. DOI: [https://doi.org/10.15589/znpp2019.1\(475\).19](https://doi.org/10.15589/znpp2019.1(475).19).

#### References (transliterated)

1. Bondar A., Bushuyev S., Onyshchenko S., Hiroshi H. Entropy Paradigm of Project-Oriented Organizations Management. *Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020). Volume 1. Lviv, Ukraine, February 18-20, 2020, CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org)*. 2020, p. 233–243. Available at : <http://ceur-ws.org/Vol-2565/paper20.pdf> (accessed 11.01.20).
2. Alekseyev G. N. *Energoentropika* [Energy-entropics]. Moscow, Znaniye Publ., 1983. 268 p.
3. Prangishvili I. V. Entropiynnye i drugiye sistemnyye zakonomernosti. Voprosy upravleniya slozhnyimi sistemami [Entropy and other systemic laws: Issues of managing complex systems]. *In-t problem upravleniya im. V. A. Trapeznikova* [V.A. Trapeznikov Institute of Management Problems]. Moscow, Nauka Publ., 2003. 428 p.
4. Averin G. V., Zvyagintseva A. V. O vzaimosvyazi statisticheskoy i informatsionnoy entropii pri opisaniy sostoyaniy slozhnykh system [On the re-

- lationship of statistical and informational entropy in describing the states of complex systems]. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya : Matematika. Fizika* [Scientific Bulletin of the Belgorod State University. Series: Mathematics. Physics]. 2016, vol. 44, no. 20 (241), pp. 105–116.
5. Averin G. V., Zvyagintseva A. V. Vzaimosvyaz' termodinamicheskoy i informatsionnoy entropii pri opisaniy sostoyaniy ideal'nogo gaza [Interrelation of thermodynamic and information entropy in the description of ideal gas states]. *Sistemnyy analiz i informatsionnyye tekhnologii v naukakh o prirode i obshchestve* [System analysis and information technologies in the sciences of nature and society]. 2013, no. 1–2, pp. 26–37.
  6. Shakhov A. V. Entropiynaya model' portfel'nogo upravleniya proyektno-orientirovannoy organizatsiyey [Entropy model of portfolio management of a project-oriented organization]. *Upravlinnya proyektamy ta rozvytok vyrobnytstva* [Project management and production development]. 2014, no. 2, pp. 87–95.
  7. Bushuyev S., Sochnev S. Entropy measurement as a project control tool. *International Journal of Project Management*. 1999, no. 17 (6), p. 343–350.
  8. Onishhenko S. P., Arabadzhi Ye. S. Struktura, tsel', produkt i tsennost' programm razvitiya predpriyatiy [The structure, purpose, product and value of enterprise development programs]. *Visnyk Odes'kogo natsional'nogo morskogo universytetu* [Bulletin of the Odessa National Marine University]. 2011, no. 33, pp. 75–86.
  9. Bondar A. V., Onishhenko S. P. Optimizatsiya vremennykh parametrov proyekta [Optimization of time parameters of project]. *Upravlinnya rozvytkom skladnykh system* [Management of Development of Complex Systems]. 2019, no. 39, pp. 11–18. DOI: <https://doi.org/10.6084/M9.FIG-SHARE.11340629.V1>.
  10. Bondar A. V. Kontseptsiya tsinnosti lyuds'kykh resursiv proyektno-orientovanoi organizatsiyi [Human resources value concept for project-oriented organization]. *Zbirnyk naukovykh prats' Natsional'nogo universytetu korablebuduvannya imeni admiral'a Makarova* [Proceedings of the Admiral Makarov National University of Shipbuilding]. Vydavnychyy dim «Gel'vatika». 2019, no. 1, pp. 135–141. DOI: [https://doi.org/10.15589/znp2019.1\(475\).19](https://doi.org/10.15589/znp2019.1(475).19).

Поступила (received) 18.01.2020

Відомості про авторів / Сведения об авторах / Information about authors

**Бондар Алла Віталіївна (Бондарь Алла Витальевна, Bondar Alla Vitaliyivna)** – кандидат технічних наук, Одеський національний морський університет, м. Одеса; тел.: (063) 936-14-20; e-mail: ocheretyankaalla@gmail.com.

УДК 621.311

**В. А. ВАНИН, Б. В. ВАНИН, Н. М. КРУГОЛ**

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГАЗОВОЗДУШНОГО ТРАКТА КОТЛА ТЭС

В работе предлагаются математические модели газозвоздушного тракта котла и механизмов собственных нужд ТЭС. С использованием табличных и графических представлений напорных характеристик серийных вентиляторов и дымососов получены эквивалентные соотношения для сети механизмов. Исследована задача нахождения оптимальных параметров управления для группы центробежных механизмов, обеспечивающих работу газозвоздушного тракта котла. Исследовано влияние разрежения в топке котла на режим работы его вспомогательных механизмов. Приводятся результаты моделирования для типичных последовательно-параллельных соединений механизмов в гидравлических сетях ТЭС.

**Ключевые слова:** тепловая электрическая станция, групповое управление, гидравлические системы, центробежные механизмы, частотно-регулируемый привод, энергоэффективность.

**В. А. ВАНИН, Б. В. ВАНИН, Н. М. КРУГОЛ**

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РЕГУЛЮВАННЯ ГАЗОПОВІТРЯНОГО ТРАКТУ КОТЛА ТЕС

В роботі пропонуються математичні моделі газоповітряного тракту котла та механізмів власних потреб ТЕС. З використанням табличних та графічних представлень напірних характеристик серийних вентиляторів та димососів отримані еквівалентні співвідношення для мережі механізмів. Досліджена задача знаходження оптимальних параметрів керування для групи відцентрових механізмів, що забезпечують роботу газоповітряного тракту котла. Виконаний аналіз впливу розрідження в топці котла на режим роботи його допоміжних механізмів. Приводяться результати моделювання для типових послідовно-паралельних з'єднань механізмів в гідравлічних мережах ТЕС.

**Ключові слова:** теплова електрична станція, групове керування, гідравлічні системи, відцентрові механізми, частотно-регульований привід, енергоефективність.

**V. A. VANIN, B. V. VANIN, N. M. KRUGOL**

## MATHEMATICAL MODELING OF THERMAL POWER PLANT'S BOILER AIR-GAS FLOW PATH REGULATION MODES

The paper presents a mathematical model for thermal power plant's boiler air-gas flow paths and auxiliaries. With application of production fans' and flue gas extractor fans' head-capacity curves and tables, equivalent relations for the net of the mechanisms are obtained. A problem of determining the optimal control parameters for a group of centrifugal mechanisms in the air-gas path is studied. The effect of the boiler furnace draft on its auxiliaries operation is analyzed. The results of mathematical modeling for typical serial and parallel connections of the mechanisms in the thermal power plant hydraulic network are given.

**Key words:** thermal power plant, group control, hydraulic systems, centrifugal mechanisms, variable frequency drive, energy efficiency.

© В. А. Ванин, Б. В. Ванин, Н. М. Кругол, 2020